

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ИННОВАЦИОННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Т.Б. Чистякова (СПбГТИ(ТУ)),

Д.Н. Фураев (АО «ПМП»), С.В. Защиринский (СПбГТИ(ТУ))

Рассмотрены методы, технологии и средства разработки программных комплексов для проектирования трехмерных виртуальных геометрических моделей промышленных производств. Технологии и методы разработки 3D моделей апробированы на примере проектирования многоассортиментных промышленных производств полимерных материалов.

Ключевые слова: автоматизированное проектирование, 3D-моделирование, сложные инновационные промышленные объекты, виртуальные модели, виртуальная реальность, дополненная реальность, 3D прототипирование.

Введение

Современные САПР прошли большой путь развития от небольших графических редакторов, которые были предназначены в основном для компьютерной подготовки проектной документации, до мощных систем, которые автоматизируют практически все процессы, связанные с проектированием сложных промышленных объектов. Тенденции по развитию и популяризации трехмерного проектирования и моделирования привели к поэтапному внедрению САПР во многих проектных организациях. На сегодняшний день проектирование уже не представляется без использования современных информационных технологий.

Системы трехмерного проектирования позволяют создать полноценную 3D-модель сложных промышленных установок в области газопереработки, нефтепереработки и нефтехимии, которая легко проверяется на соответствие правилам проектирования и монтажа, и предоставляют возможность настроить получение выходной документации (спецификации материалов и оборудования, изометрические и 2D-чертежи).

В настоящее время при проектировании крупных промышленных объектов наиболее часто применяется ПО западных разработчиков. Для исправления ситуации в России взято направление на развитие собственных передовых производственных технологий — современная версия промышленной политики, направленная на создание в кратчайшие сроки глобально конкурентоспособной и кастомизированной продукции нового поколения, на импортозамещение и импортоопережение высокотехнологичной продукции [1].

Так, специалисты Санкт-Петербургского государственного технологического института принимают участие в разработке программного комплекса для проектирования трехмерных виртуальных моделей инновационных промышленных производств.

Архитектура среды проектирования виртуальных моделей инновационных промышленных производств

Среда проектирования виртуальных моделей инновационных промышленных производств включает базу данных графических примитивов виртуальных моделей зданий и оборудования, библиотеку математических моделей процессов превращения сырья в продукцию для поверочного расчета, модули разме-

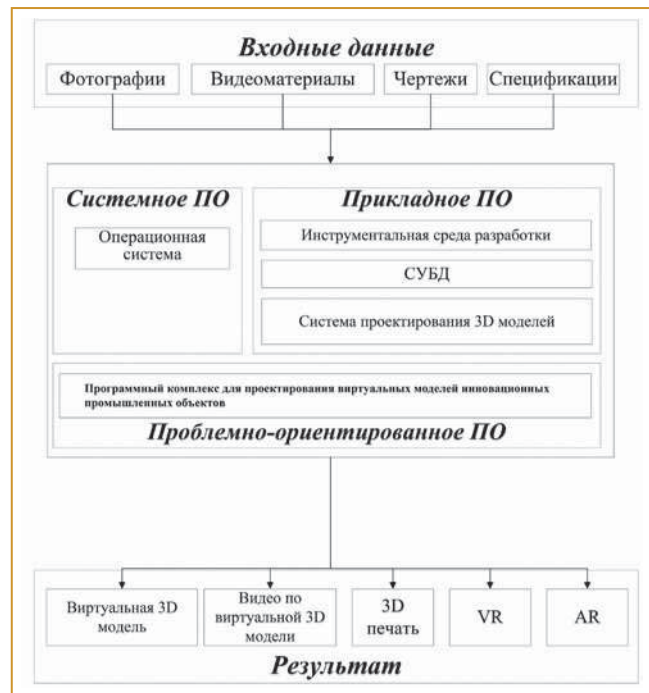


Рис. 1. Среда проектирования виртуальных моделей промышленных производств

щения и компоновки оборудования в заданном пространстве (рис. 1).

Программный комплекс позволяет получать проектные решения по исходным данным (чертежи, спецификации, фотографии, видеоматериалы) в следующем виде:

- виртуальная трехмерная геометрическая модель с расширением .fbx,
- виртуальные видео-экскурсии с расширением .avi,
- файл с расширением .exe для запуска модуля погружения в виртуальную реальность,
- файл с расширением .ark для установки приложения на смартфон или планшет с целью запуска модуля дополненной реальности,
- файл трехмерной модели с расширением .stl для отправки на печать на 3D принтер.

Программный комплекс включает: модуль задания характеристик проектируемого предприятия, модуль размещения и компоновки оборудования в заданном пространстве, модуль визуализации трехмерной модели производства, базу данных трехмерных геоме-

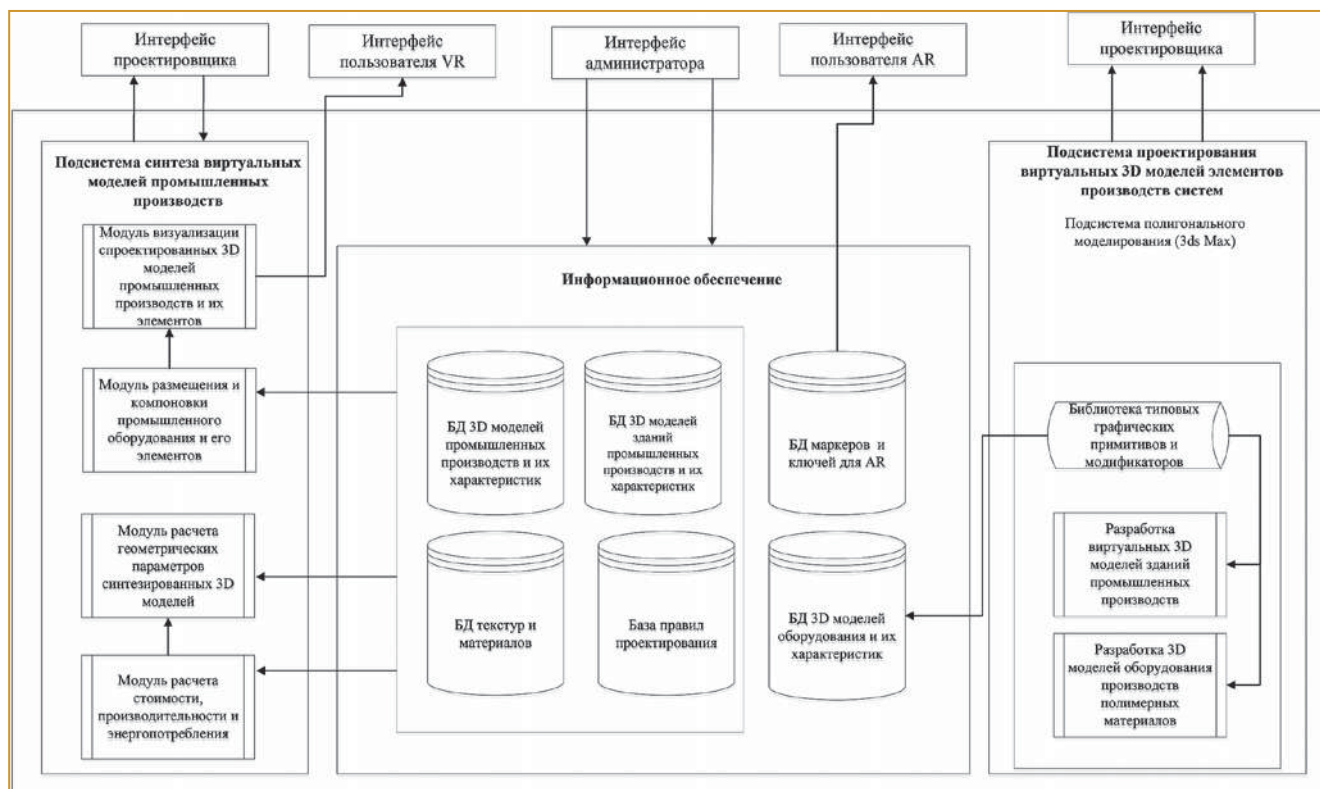


Рис. 2. Функциональная структура программного комплекса для проектирования виртуальных моделей промышленных производств

трических моделей оборудования и их характеристик, базу данных математических моделей агрегатов, модуль расчета показателей эффективности производства, интерфейс проектировщика и администратора, алгоритмы размещения и компоновки оборудования в заданном пространстве в соответствии с требованиями к энергопотреблению и производительности, алгоритмы проектирования виртуальных моделей и поверки, модуль вывода виртуальных моделей на печать на 3D принтере для проверки адекватности спроектированного оборудования, модули дополненной реальности (AR) и виртуальной реальности (VR) для изучения более сложных причинно-следственных связей объектов промышленного производства [2–4]. Функциональная структура программного комплекса представлена на рис. 2.

Программный комплекс удовлетворяет потребностям большинства современных промышленных производств, заключающимся в возможности перенастраиваться на различный ассортимент, производительность, энергопотребление. Разработанный программный комплекс протестирован на производстве полимерных пленок.

Автоматизированное проектирование виртуальных моделей производств полимерных пленок

Полимерные материалы получили широкое применение в различных областях, с их помощью изготавливают посуду, одежду, мебель, медицинские материалы, упаковку и многое другое. Наиболее широкое применение получили полимерные плен-

ки. Так полимерная пленка из полиэтилена высокого давления, благодаря высоким показателям прочности, используется в строительстве, пленка из поливинилхлорида используется в качестве материала для покрытия мебели, пленка из полиэтилена низкого давления используется для производства упаковки в пищевой промышленности. Многоассортиментные пленки широко применяются в качестве тароупаковочных средств для фармацевтических препаратов, пищевых продуктов и косметики. В связи с этим разработка программного комплекса, предназначенного для автоматизированного проектирования виртуальных моделей перенастраиваемых производств полимерных пленок, является актуальной задачей.

Для разработки библиотеки трехмерных виртуальных геометрических моделей промышленных производств полимерных материалов используется среда геометрического моделирования 3ds Max. Данная программа является средой полигонального моделирования, что позволяет интегрировать виртуальные модели в среды для работы с интерактивной трехмерной графикой; обладает широким набором инструментов и модификаторов для создания фотореалистичных виртуальных моделей методами полигонального, сплайн- и NURBS-моделирования; поддерживает большинство форматов изображений, что позволяет создавать материалы и текстуры различной сложности.

Для разработки автоматизированной системы синтеза виртуальных моделей многоассортиментных производств полимерных материалов, модулей VR



Рис. 3. Структура языка проектирования виртуальных моделей промышленных производств

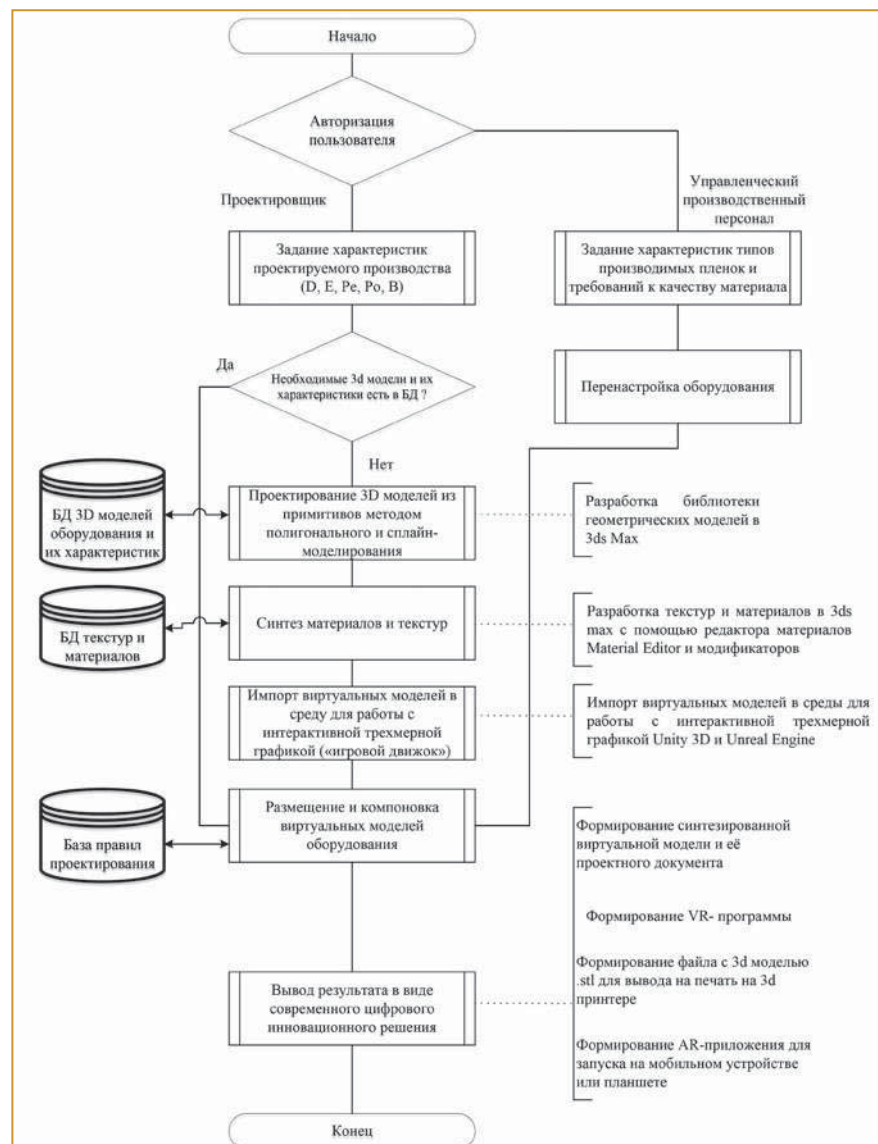


Рис. 4. Обобщенный алгоритм проектирования виртуальных моделей промышленных производств

и AR используются интерактивные среды Unity 3D и Unreal Engine. Они обладают стартовой бесплатной версией продукта, руководством для начинающего разработчика, технологией Blueprint (Unreal Engine 4), фотореалистичной визуализацией. Большим преимуществом данных сред является кроссплатформенность.

Для синтеза виртуальных моделей производств полимерных материалов в первую очередь анализируются существующие чертежи, спецификации, фотографии и видеоролики для выделения составных частей и элементов оборудования для их проектирования из стандартных примитивов.

Следующим этапом является разработка виртуальных моделей в 3ds Max. Методом полигонального и сплайн-моделирования из стандартных графических примитивов, сплайнов и применения к ним модификаторов разрабатываются виртуальные модели. Следующим шагом является синтез текстур и материалов с помощью редактора материалов Material Editor в 3ds Max. Сложные материалы и текстуры, такие как потертые и отражающие поверхности, настраиваются в средах Unity 3D и Unreal Engine на основе тех, что были созданы в 3ds Max [5–6].

С помощью модулей виртуальной и дополненной реальности производственный персонал оперативно получает доступ к инструкциям и руководствам по любому оборудованию. Информация предоставляется пользователям в виде наглядной трехмерной модели, анимации, видео, аудио, фотографий, картинок или графиков.

Для хранения информации о трехмерных геометрических виртуальных моделях используется СУБД SQLite, характеризующаяся высокой производительностью, интеграцией с интерактивными средами для работы с графикой. Основным преимуществом применения SQLite является отсутствие необходимости установки сервера, то есть встраиваемая

СУБД является библиотекой, которая подсоединена к основной программе статически или динамически.

Анализ информационного описания объекта проектирования позволил выделить основные характеристики объектов и их атрибуты. К объектам проектирования относятся виртуальные модели цехов, производственных линий, оборудования, компьютерных систем. Модели промышленных объектов содержат атрибуты: 3D модель и ее геометрические характеристики, стоимость, энергопотребление, производительность и т. д.

Описание объектов проектирования и разработанное информационное обеспечение позволяют решать задачу синтез виртуальных моделей промышленных объектов различной площади, ассортимента и энергопотребления.

Для решения задачи проектирования предложен язык проектирования виртуальных моделей для размещения и компоновки 3D моделей промышленных производств и их составляющих в заданном пространстве. Основой разработанного графического языка проектирования являются элементы, проектные процедуры и операции к ним. В качестве элементов в программном комплексе выступают интерактивные трехмерные виртуальные геометрические модели (промышленное оборудование, здания, мебель, компьютерная техника). В качестве проектных операций и процедур выступают алгоритмы размещения и компоновки виртуальных моделей по заданным правилам в соответствии с выполнением требований к производительности и энергопотреблению [4, 7]. Структура разработанного языка проектирования показана на рис. 3.

Разработанные виртуальные модели импортируются в среду для работы с интерактивной трехмерной графикой («игровой движок»), где реализуются модули размещения и компоновки оборудования, погружения в виртуальную реальность с помощью очков виртуальной реальности, дополненной реальности, фотореалистичной визуализации и вывода виртуальной модели на печать на 3D принтере.

Обобщенный алгоритм визуализации всех этапов проектирования вплоть до прототипирования объектов представлен на рис. 4.



Рис. 5. Виртуальная модель завода по производству полимерных материалов (Россия)

Наш мир относительно, его реальность зависит от нашего сознания.
Альберт Эйнштейн

Программный комплекс предоставляет следующие функциональные возможности:

- создание, сохранение, загрузка, редактирование и удаление виртуальных моделей цехов производств полимерных пленок;
- создание и сохранение промышленных линий с оборудованием производств полимерных материалов путем размещения и компоновки 3D моделей оборудования в пространстве цеха;
- расчет выполнения требований размещенного оборудования к энергопотреблению, производительности и стоимости;
- расчет правильного размещения оборудования в пространстве цеха, относительно стен и другого оборудования;
- добавление, удаление, редактирование и сохранение записей и 3D моделей цехов, линий и оборудования в базе данных;
- поиск и сортировка в базе данных оборудования, линий и цехов;
- представление результатов расчетов в виде числовых значений;
- видеовизуализация синтезированных 3D моделей промышленных производств полимерных материалов;
- погружение в виртуальную реальность с помощью VR-шлема;
- запуск модуля дополненной реальности со смартфона или планшета на базе android и iOS;
- прототипирование виртуальных 3D моделей на 3D принтере.

Разработанный программный комплекс, предложенная среда и алгоритмы проектирования протестированы на примере системы виртуальных моделей инновационных, крупнотоннажных, многоассортиментных промышленных производств полимерной пленки в России (Klöckner Pentaplast) и Германии (Maria Soell, Mondi, Klöckner Pentaplast) и внедрены в системы управления и проектирования на этих производствах.

Разработанные виртуальные модели производства полимерной пленки приведены на рис. 5 и 6, применение средств дополненной реальности показаны на рис. 7. Разработанные методы и алгоритмы успешно апробированы для моделей промышленных производств различной производительности, ассортимента. Визуализированные промышленные объекты демонстрировались на международных промышленных выставках и способствовали продвижению на рынок оборудования, продукции, технологии.



Рис. 6. Виртуальная модель экструзионной линии по производству многослойных полимерных пленок (Германия)

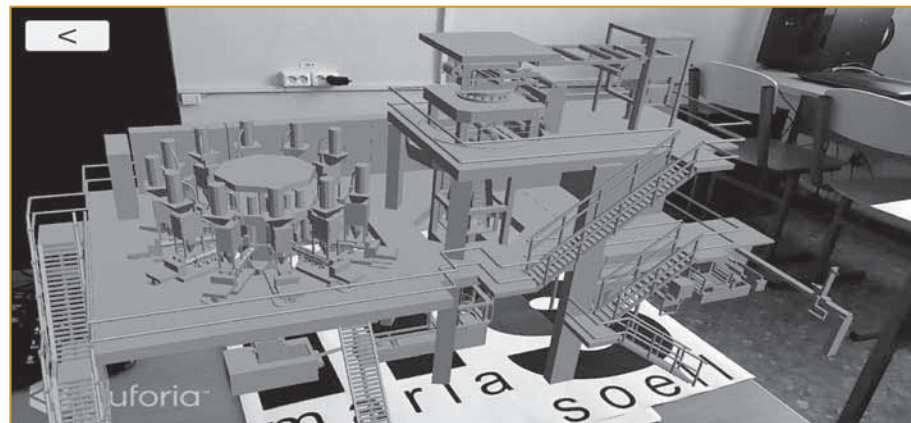


Рис. 7. Виртуальная модель экструзионной линии по производству пленок в дополненной реальности

проектируемого объекта (изделия) являются средства виртуальной и дополненной реальности. Подтверждают данную тенденцию реализованные проекты на отечественных и зарубежных предприятиях.

Список литературы

1. Чистякова Т.Б., Фураев Д.Н., Защиринский С.В. Системы автоматизированного проектирования 3D моделей промышленных установок // Автоматизация в промышленности. 2018. №9. С. 9-12.
 2. Артамонов Е.И., Ромакин В.А. Использование средств виртуальной реальности при проектировании и эксплуатации промышленных производств // Автоматизация в промышленности. 2007. №4. С. 14-16.
 3. Чистякова Т.Б., Иванов А.Б., Колерт К. Система автоматизированного проектирования трехмерной геометрической модели перенастраиваемого производства полимерных пленок // Информационные технологии. 2005. № 12. С. 2-6.
 4. Чистякова Т.Б., Иванов А.Б., Защиринский С.В., Теребунская А.С., Шепелев А.С. Автоматизированное проектирование виртуальных моделей перенастраиваемых промышленных производств полимерных пленок // Тр. XVI междунар. конф. «Системы проектирования, технологической подготовки производства и управления этапами жизненного цикла промышленного продукта (CAD/CAM/PDM-2016)», 2016. С. 250-251.
 5. Райкова Л.С., Анисимов С.С., Петренко Д.А. 3D-визуализация как современная технология повышения качества проектных решений // САПР и ГИС автомобильных дорог. 2014. № 1(2). С. 20-24.
 6. Guiping L., Guanghong X., Zong C. Design and Implementation of Virtual Interactive Scene Based on Unity 3D // Advanced Materials Research. 2011. Vol. 317-319. – P. 2162-2167.
 7. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования. М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2001. 336 с.
- Чистякова Тамара Балабековна** — д-р техн. наук, проф., заведующая кафедрой САПРиУ, **Защиринский Степан Владимирович** — аспирант Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета).
Фураев Дмитрий Николаевич — главный специалист АО «ПМП». Контактный телефон +7 (812) 494-93-54. E-mail: nov@technolog.edu.ru

Заключение

Таким образом, при проектировании сложных промышленных объектов на современном этапе развития информационных технологий наблюдается тенденция цифровизации и визуализации данных, что соответствует требованиям, предъявляемым к цифровым фабрикам и технологиям Industry 4.0. На современном этапе развития эффективным инструментом визуализации знаний при проектировании наряду 3D-моделью

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:

- в России — в любом почтовом отделении по каталогу "Газеты. Журналы" агентства "Роспечать" (подписной индекс **81874**) или по каталогу "Пресса России" (подписной индекс **39206**).
- в странах СНГ и дальнего зарубежья — через редакцию (www.avtprom.ru).

Все желающие, вне зависимости от места расположения, могут оформить подписку, начиная с любого номера, прислав заявку в редакцию или оформив анкету на сайте www.avtprom.ru. В редакции также имеются экземпляры журналов за прошлые годы.